

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Bahan Organik**

Bahan organik adalah sisa tumbuhan, hewan, dan manusia baik yang telah mengalami dekomposisi lanjut maupun yang sedang mengalami proses dekomposisi, yang menyediakan jumlah bahan organik setiap tahunnya. Salah satu usaha untuk mempertahankan kesuburan tanah adalah dengan penambahan bahan organik. Pemberian bahan organik ke dalam tanah akan berpengaruh terhadap sifat fisik, sifat kimia, dan sifat biologi tanah. Bahan organik merupakan perekat butiran tanah dan sumber unsur hara sehingga bahan organik dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah (Amrah, 2008).

Bahan organik berperan utama dalam perbaikan sifat fisik tanah, sifat kimia tanah dan aktivitas biologi tanah. Bahan organik berperan dalam perbaikan sifat fisik tanah yaitu melalui fungsinya dalam pembentukan agregat/granulasi tanah sehingga meningkatkan porositas dan permeabilitas tanah serta meningkatkan kemampuan menahan air (Amrah, 2008).

Penambahan bahan organik pada tanah tergenang (sawah) umumnya dapat meningkatkan fungsi mikroba. Pada tanah yang digenangi dapat mengaktifkan dua jenis mikroba yakni aerob dan anaerob terutama oleh bakteri, menyebabkan terjadinya perubahan reaksi biokimia yang pada prinsipnya adalah oksidasi-reduksi. Setelah oksigen pada tanah tergenang digunakan oleh mikroorganisme aerobik, maka bahan organik, nitrat, Mn-oksida, Fe-oksida dan sulfat direduksi. Perubahan atau transformasi bahan organik tanah sawah merupakan proses

fermentasi/biokimia utama dari mikroorganisme sehingga penimbunan bahan organik dapat dihindarkan. Dalam hubungannya dengan kesuburan tanah dan produksi tanaman, fungsi mikroorganisme yang penting adalah mineralisasi dan imobilisasi unsur hara seperti karbon, N, P, S, fiksasi N<sub>2</sub> atau CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan kelarutan P (Situmorang and Sudadi, 2001).

Terbukti nyata bahwa praktek pertanian yang menerapkan pertanian organik memiliki kadar bahan organik tanah dan ketersediaan hara P dan N jauh lebih tinggi dibandingkan dengan lahan petani yang menerapkan sistem konvensional. Ini mempunyai arti bahwa budi daya pertanian organik bisa memperbaiki sifat kimia dan fisika tanah yaitu melalui fungsinya dalam pembentukan agregat atau granulasi tanah sehingga meningkatkan porositas dan permeabilitas tanah serta meningkatkan kemampuan menahan air. Dalam praktek tindakan pertanian organik ini juga diukur pula perubahan biologi tanah. Hasilnya terdapat kandungan mikroba tanah yang menguntungkan seperti Actinomycetes, Azotobacter, organisme pelarut P, dan Rhizobium jauh lebih tinggi. Ditemukannya jumlah mikroba yang sangat besar di dalam tanah telah mempengaruhi kesuburan tanah dan dinamika unsur hara tanaman (Bot and Benites, 2005).

(Hairiah, Widiyanto, Utami, Suprayogo, Sunaryo, Sitompul, Lusiana, Mulia, Van Noorrdwijk, and Cadish 2000), mengemukakan beberapa cara untuk mendapatkan bahan organik antara lain sebagai berikut:

#### 1. Pengembalian sisa panen.

Jumlah sisa panen tanaman pangan yang dapat dikembalikan ke dalam tanah berkisar 2 – 5 ton per ha, dengan tidak dapat memenuhi jumlah kebutuhan bahan organik minimum. Oleh karena itu, memasukan bahan organik dari sumber lain tetap diperlukan.

#### 2. Pemberian pupuk kandang.

Pupuk kandang yang berasal dari kotoran hewan peliharaan seperti sapi, kambing, kerbau dan ayam, atau bisa juga dari hewan liar seperti kelelawar atau burung dapat dipergunakan untuk menambah kandungan bahan organik tanah. Pengadaan atau penyediaan kotoran hewan seringkali sulit dilakukan karena memerlukan biaya transportasi yang besar.

#### 3. Pemberian pupuk hijau.

Pupuk hijau bisa diperoleh dari serasah dan dari pangkasan tanaman penutup yang ditanam selama masa bera atau pepohonan dalam larikan sebagai tanaman pagar. Pangkasan tajuk tanaman penutup tanah dari famili leguminosae dapat memberikan masukan bahan organik sebanyak 1.8 – 2.9 ton per ha (umur 3 bulan) dan 2.7 – 5.9 ton per ha untuk yang berumur 6 bulan.

### **2.1.1 Kriteria Bahan Organik Sebagai Pupuk**

Peran bahan organik terhadap ketersediaan hara dalam tanah tidak terlepas dengan proses mineralisasi yang merupakan tahap akhir dari proses perombakan bahan organik. Dalam proses mineralisasi akan dilepas mineral-mineral hara tanaman dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg dan S, serta hara mikro) dalam jumlah

tidak tentu dan relatif kecil. Hara N, P dan S merupakan hara yang relatif lebih banyak untuk dilepas dan dapat digunakan tanaman (Atmojo, 2003).

Bahan organik merupakan sumber nitrogen pertama-tama akan mengalami peruraian menjadi asam-asam amino yang dikenal dengan proses aminisasi, yang oleh sejumlah besar mikrobia heterotrofik mengurai menjadi amonium yang dikenal sebagai proses amonifikasi. Amonifikasi ini dapat berlangsung hampir pada setiap keadaan, sehingga amonium merupakan bentuk nitrogen anorganik (mineral) yang utama dalam tanah (Tisdale and Nelson, 1958).

Pengaruh positif yang lain dari penambahan bahan organik adalah pengaruhnya pada pertumbuhan tanaman. Terdapat senyawa yang mempunyai pengaruh terhadap aktivitas biologis yang ditemukan di dalam tanah adalah senyawa perangsang tumbuh (auxin), dan vitamin (Stevenson, 1982). Senyawa-senyawa ini di dalam tanah berasal dari eksudat tanaman, pupuk kandang, kompos, sisa tanaman dan juga berasal dari hasil aktivitas mikrobia dalam tanah, fungsi mikroorganisme yang penting adalah mineralisasi dan imobilisasi unsur hara seperti karbon, N, P, S, fiksasi N<sub>2</sub> atau CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan kelarutan P. Di samping itu, diindikasikan asam organik dengan berat molekul rendah, terutama bikarbonat (seperti suksinat, ciannamat, fumarat) hasil dekomposisi bahan organik, dalam konsentrasi rendah dapat mempunyai sifat seperti senyawa perangsang tumbuh, sehingga berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman (Atmojo, 2003).

### **2.1.2 Kualitas Bahan Organik**

Pengaruh kualitas bahan organik terhadap laju dekomposisi dapat digunakan sebagai acuan dalam seleksi bahan organik yang tepat untuk meningkatkan sinkronisasi dan efisiensi penggunaan hara tanaman. Komponen kualitas bahan organik yang penting meliputi kecepatan nisbah C/N, kandungan lignin, kandungan polifenol, dan kapasitas polifenol mengikat protein (Handayanto, 1999).

C/N merupakan salah satu indikator yang menandakan berjalannya proses dekomposisi dan menunjukkan tingkat kematangan bahan organik. Selama proses dekomposisi bahan organik yang berbeda-beda terjadi perubahan total kandungan C-organik. Pupuk organik yang sudah matang memiliki nilai C/N kurang atau sama dengan 20 (Smith and Peckenpaugh, 1986).

Kandungan hara N, P dan S sangat menentukan kualitas bahan organik. Nisbah C/N dapat digunakan untuk memprediksi laju mineralisasi bahan organik. Bahan organik akan termineralisasi jika nisbah C/N dibawah nilai kritis 25 – 30, dan jika diatas nilai kritis akan terjadi imobilisasi N, untuk mineralisasi P nilai kritis C/P sebesar 200-300, dan untuk mineralisasi S nilai kritis sebesar 200-400 (Stevenson, 1982).

(Hairiah et al., 2000), mengemukakan (1). Kualitas bahan organik berkaitan dengan penyediaan unsur N, ditentukan oleh besarnya kandungan N, lignin dan polifenol rendah. Yang juga penting ialah memiliki sinkronisasi pelepasan hara dengan saat tanaman membutuhkannya. Nilai kritis konsentrasi N adalah 1.9%; lignin > 15% dan polifenol >2%. (2). Kualitas bahan organik

berkaitan dengan penyediaan unsur P ditentukan oleh konsentrasi P dalam bahan organik. Nilai kritis kadar P dalam bahan organik adalah 0.25%. (3). Kualitas bahan organik berkaitan dengan detoksifikasi Al. bahan organik mampu menetralkan pengaruh racun dari aluminium sehingga menjadi tidak beracun lagi bagi akar tanaman. kemampuan merubah pengaruh zat beracun menjadi tidak beracun ini disebut dengan *detoksifikasi*. Kualitas bahan organik berkaitan dengan kemampuan dengan mendetoksifikasi ditentukan dengan tolak ukur total konsentrasi kation K, Ca, Mg, dan Na. Pelepasan kation-kation tersebut dari hasil dekomposisi bahan organik dapat menekan kelarutan Al melalui peningkatan pH tanah.

Polifenol berpengaruh terhadap kecepatan dekomposisi bahan organik, semakin tinggi kandungan polifenol dalam bahan organik, maka akan semakin lambat terdekomposisi dan termineralisasi, Sifat khas dari polifenol adalah kemampuannya dalam membentuk kompleks dengan protein, sehingga protein sulit dirombak oleh organisme perombak. Selain itu, polifenol juga dapat mengikat enzim organisme perombak, sehingga aktivitas enzim menjadi lemah (Atmojo, 2003).

Proses dekomposisi atau mineralisasi, di samping dipengaruhi oleh kualitas bahan organiknya, juga dipengaruhi oleh frekuensi penambahan bahan organik, ukuran partikel bahan, kekeringan, dan cara penggunaannya dicampur atau disebar di permukaan tanah (Vanlauwe, Diel, Sanginga, dan Merckx, 1996).

### 2.1.3 *Chromolaena odorata* Sebagai Bahan Organik Segar dan Kompos



Gambar 2.1 *Chromolaena odorata* (sumber : Faisal, 2016)

*Chromolaena Odorata* dapat tumbuh di berbagai tempat, misalnya di sawah, bantaran sungai, tepi jalan dan lahan kosong, tetapi populasi terbanyak berada pada daerah lahan kosong (Suharjo and Aeny, 2011). *Chromolaena Odorata* mengandung unsur hara Nitrogen yang tinggi (2,65%) sehingga cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik karena produksi biomasnya tinggi. Pada umur 6 bulan *Chromolaena odorata* dapat menghasilkan biomassa sebanyak 11,2 ton/ha dan setelah berumur 3 tahun mampu menghasilkan biomassa sebanyak 27,7 ton/ha, sehingga biomassa *Chromolaena odorata* merupakan sumber bahan organik yang sangat potensial (Murdaningsih and Mbu'u, 2014).

*Chromolaena odorata* terbukti dapat tumbuh di berbagai tempat (Wahyudi, Ariani, and Saputra., 2017), misalnya di sawah, bantaran sungai, tepi jalan dan lahan kosong, tetapi populasi terbanyak berada pada daerah lahan kosong (Suharjo and Aeny, 2011).

Habitat *Chromolaena Odorata* yang cukup luas disebabkan karena tanaman ini merupakan salah satu jenis tanaman liar yang mudah tumbuh dan bersifat sangat invasive (Luwum, 2003). Ribuan bijinya yang terbentuk tersebar secara luas oleh angin dan berkecambah segera setelah lingkungan mendukung (Muniappan, Reddy, and Lai., 2005). Oleh karena itu, di daerah-daerah dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah, angin yang cukup kuat berhembus, dan tidak ada campur tangan manusia, misalnya di sawah, bantaran sungai, tepi jalan dan lahan kosong, tetapi populasi terbanyak berada pada daerah lahan kosong akan didapatkan populasi tanaman *Chromolaena odorata* yang tinggi (Suharjo and Aeny, 2011).

Pengaruh *Chromolaena odorata* sebagai pupuk hijau dan kompos pada serapan hara pada tanaman padi sangat efisiensi sehingga dapat meningkatkan hasil tanaman padi. Untuk kandungan dari *Chromolaena odorata* segar maupun kompos bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan *Chromolaena odorata* pada beberapa hasil penelitian

Refrensi	Segar			Kompos				
	N	P	K	N	P	K	C/N	C.organik
(Masulili et al., 2014).	0.46 %	0.13 %	0.1 %	-	-	-	-	-
(Kastono, 2005).	-	-	-	2.42 %	0.26 %	1.60 %	20.8	-
(Laboratorium tanah UB, 2016).	-	-	-	3.79	-	-	9	33.64%

#### 2.1.4 Jerami Sebagai Bahan Organik Segar dan Kompos



Gambar 2.2 Jerami (sumber : Faisal, 2016)

Jerami padi adalah semua bahan hijauan padi di luar biji yang dihasilkan tanaman padi. Jerami padi dimanfaatkan oleh petani sebagai pupuk organik atau sebagai pengganti pupuk anorganik. Selain itu jerami padi merupakan bahan organik yang potensial ketersediaannya bagi usaha tani padi sawah. Hal ini disebabkan karena jerami padi merupakan bahan organik yang mudah dan ekonomis untuk dikembalikan ke lahan sawah (Ponnamperuma, 1984).

(Arafah and Sirappa, 2003), menyatakan bahwa nutrisi dari mineral yang terkandung dalam jerami setelah dipanen tergantung dari tanah, kualitas air irigasi, jumlah pupuk yang diberikan, species asal jerami dan musim tanam. Jerami secara tidak langsung menjadi sumber N dan C sebagai substrat untuk metabolisme biologi termasuk sintesis gula, pati, selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin, lemak, dan protein. (Kumazawa, 1984) menyatakan bahwa jerami kering mengandung 40% C. Lebih lanjut (Ponnamperuma, 1984) menyatakan bahwa 1/3 N total tanaman padi diperoleh dari jerami sehingga kebutuhan pupuk N bisa digantikan dengan pengembalian jerami ke lahan sawah.

Penggunaan jerami dapat menekan penggunaan pupuk anorganik. Bahan organik diperlukan untuk mempertahankan kesuburan tanah dengan menjaga dan meningkatkan fungsi mikroorganisme di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah juga meningkatkan efektivitas pemupukan (Amrah, 2008).

Kompos jerami mengandung asam-asam organik seperti asam humat dan fulvat yang memiliki kemampuan mengkhelat unsur meracun sehingga tidak berbahaya bagi tanaman. Asam humat sebagai salah satu fraksi fungsional yang terdapat dalam bahan organik memiliki kemampuan memfiksasi ion-ion logam yang sifatnya dapat meracuni tanaman (Tan, 2014), dan adapun kandungan dari jerami bisa dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan jerami pada beberapa hasil penelitian

Refrensi	Segar				Kompos				
	N	P	K	C/N	N	P	K	C/N	C.organik
(Surtinah, 2013)	-	-	-	-	0.75 %	0.12 %	0.69 %	23.69	-
(Amrah, 2008).	0.78 %	0.18 %	0.30 %	70.21 %	1.02 %	0.10 %	0.32 %	29.41	-
(Laboratorium tanah UB, 2016)	-	-	-	-	0.68 %	-	-	56	38.09 %

## 2.2 Dekomposisi Bahan Organik

(Sitepu, 2013), menyatakan bahwa dekomposisi bahan organik merupakan proses perombakan bahan organik yang dilakukan oleh sejumlah mikroorganisme dari senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yang terjadi di dalam tanah. Proses perombakan bahan organik juga menyebabkan penyusutan volume bahan organik. Penyusutan volume terjadi akibat perubahan ukuran

partikel bahan organik yang semakin kecil, semakin besar penyusutan volume bahan organik maka akan menghasilkan bahan organik yang lebih sedikit

(Misra, Roy, and Hiraoka, 2003), menyatakan bahwa dekomposisi bahan organik adalah proses perombakan bahan organik oleh mikrobia dalam kondisi yang terkontrol. Bahan organik tanah berperan penting dalam mempertahankan kesuburan dan kesehatan tanah dengan menyediakan unsur hara secara slow release. Selain itu, bahan organik tanah juga mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah bervariasi tergantung bahan asal, faktor yang memengaruhi mikrobia juga memengaruhi laju dekomposisi bahan organik.

Faktor-faktor yang memengaruhi proses dekomposisi, antara lain aerasi, kelembaban, C/N, pH, suhu dan tinggi timbunan bahan, dan ukuran bahan mentah. (1) Aerasi sangat diperlukan untuk mengurangi kadar air yang tinggi pada bahan organik dalam proses dekomposisi sehingga kondisi anaerob dapat dihindari. Ketersediaan oksigen yang ideal pada proses dekomposisi adalah 10-18%; (2) Kelembaban juga diperlukan untuk mendukung aktivitas metabolisme mikrob. Kadar air yang ideal adalah 40-65%; (3) Nilai C/N juga memengaruhi proses dekomposisi yang menunjukkan umur dan kematangan bahan baku. Nilai C/N bahan baku yang optimal antara 25:1 dan 30:1; (4) Selama proses dekomposisi terjadi mineralisasi nitrogen organik menjadi nitrogen amonia yang menyebabkan nilai pH meningkat, sedangkan penurunan pH disebabkan oleh produksi asam-asam organik yang meningkat. pH ideal dalam proses dekomposisi adalah antara 6-8; (5) Selain itu, metabolisme mikrobia dalam tumpukan juga menimbulkan energi dalam bentuk panas (Misra et al., 2003).

## **2.3 Mineralisasi Bahan Organik**

Mineralisasi yaitu proses pelepasan unsur hara yang berasal dari proses biokimia tanah yang mengkonversi bahan organik menjadi anorganik sedangkan pengaruh tidak langsung dapat menyebabkan akumulasi bahan organik tanah untuk memperbaiki sifat fisik tanah (Atmojo, 2003).

Peran bahan organik terhadap ketersediaan hara dalam tanah tidak terlepas dengan proses mineralisasi yang merupakan tahap akhir dari proses perombakan bahan organik. Dalam proses mineralisasi akan dilepas mineral-mineral hara tanaman dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg dan S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil. Hara N, P dan S merupakan hara yang relatif lebih banyak untuk dilepas dan dapat digunakan tanaman (Atmojo, 2003).

### **2.3.1 Mineralisasi Nitrogen**

Bahan organik sumber nitrogen (protein) pertama-tama akan mengalami peruraian menjadi asam-asam amino yang dikenal dengan proses aminisasi, yang selanjutnya oleh sejumlah besar mikrobial heterotrofik mengurai menjadi amonium yang dikenal sebagai proses amonifikasi. Amonifikasi ini dapat berlangsung hampir pada setiap keadaan, sehingga amonium dapat merupakan bentuk nitrogen anorganik (mineral) yang utama dalam tanah (Tisdale and Nelson, 1958).

Selanjutnya amonium ini dapat secara langsung diserap dan digunakan tanaman untuk pertumbuhannya, atau oleh mikroorganisme untuk segera dioksidasi menjadi nitrat yang disebut dengan proses nitrifikasi. Nitrifikasi adalah proses bertahap yaitu proses nitritasi yang dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*

dengan menghasilkan nitrit, yang segera diikuti oleh proses oksidasi berikutnya menjadi nitrat yang dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* yang disebut dengan nitrifikasi. Nitrat merupakan hasil proses mineralisasi yang banyak disukai atau diserap oleh sebagian besar tanaman budidaya. Namun nitrat ini mudah tercuci melalui air drainase dan menguap ke atmosfer dalam bentuk gas (pada drainase buruk dan aerasi terbatas) (Tan, 2014).

Unsur nitrogen penting bagi tanaman dan dapat disediakan oleh manusia melalui pemupukan. Nitrogen umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{NH}_4^+$  walaupun urea ( $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ ) dapat juga dimanfaatkan oleh tanaman karena urea secara cepat dapat diserap melalui epidermis daun (Leiwakabessy F.M. et al., 2002).

Menurut (Rosmarkam and Yuwono, 2002), mineralisasi senyawa nitrogen organik pada hakikatnya terjadi dalam tiga tahap sebagai berikut:

#### 1. Aminisasi

Populasi mikroba tanah yang heterotroph terdiri atas macam-macam bakteri dan jamur yang masing-masing bertanggung jawab atas satu atau lebih tahap peruraian bahan organik. Tiap tahap berpengaruh terhadap tingkat dan reaksi selanjutnya. Tahap awal dari perombakan bahan organik yang mengandung nitrogen adalah peruraian secara hidrolitik amin dari asam amino. Tahap ini disebut aminisasi dan yang melakukan tugas ini adalah jasad renik tanah yang heterotrofik. Reaksi proses animasi digambarkan sebagai berikut:



Tenaga yang dihasilkan tersebut menghasilkan jasad renik.

## 2. Amonifikasi

Proses kedua amin mungkin asam amino yang dilepaskan selanjutnya digunakan oleh kelompok lain dari jasad renik dalam tanah dan dalam proses ini dibebaskan amoniak. Oleh karena itu, proses ini disebut amonifikasi. Garis besar reaksi amonifikasi adalah sebagai berikut:



Selanjutnya, ammonia yang dibebaskan dalam proses ini akan mengalami proses-proses lain yang mungkin berbeda, tergantung pada situasi. Proses tersebut antara lain:

- 1)  $NH_3$  diubah menjadi nitrit atau nitrat. Proses ini terkenal dengan proses nitrifikasi.
- 2) Bergabung dengan air menjadi ammonium, kemudian diserap oleh akar tanaman.
- 3) Digunakan oleh jasad renik lagi sehingga ammonium tak tersedia oleh tanaman. Proses ini adalah immobilisasi.
- 4) Kadang-kadang difiksasi oleh lempung pite kisi 2 :1 yang terdapat dalam tanah.

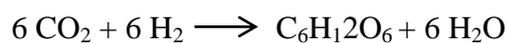
## 3. Nitrifikasi

$NH_4^+$  yang dibebaskan oleh jasad renik atau pupuk sering kali secara mikrobiologis diubah menjadi nitrat. Nitrifikasi sebetulnya ada dua tingkat, yaitu tingkat nitritasi yang merupakan oksidasi ammonium menjadi nitrit yang dilakukan oleh bakteri eutrotof obligat nitrosomonas. Umumnya, dalam waktu

cepat nitrit yang terbentuk dari nitrifikasi diikuti dengan tingkat berikutnya, yakni nitrifikasi yang dilakukan oleh bakteri nitrobakter.

### **2.3.2 Mineralisasi Karbon**

Tanaman mengambil unsur karbon berupa CO<sub>2</sub> dari udara bebas (atmosfir). Kegiatan ini dilakukan oleh organ tanaman yang memiliki klorofil, umumnya bagian tanaman yang berwarna hijau dan terdapat di atas tanah. Klorofil mampu menyerap energi cahaya (terutama sinar matahari) dan mengubahnya menjadi energi kimia. Energi tersebut digunakan untuk mengubah CO<sub>2</sub> menjadi senyawa organik termasuk karbohidrat (Rosmarkam and Yuwono, 2002).



Kadar CO<sub>2</sub> dalam atmosfer cukup stabil, yakni 0,03% volume atau 0,57 mg/liter udara. Tanpa adanya CO<sub>2</sub> di udara, maka kehidupan tanaman akan terhenti.

Keperluan seluruh tanaman untuk hidup diperkirakan sekitar 80 x 10<sup>9</sup> ton karbon pertahun. Dengan persediaan CO<sub>2</sub> dalam udara sebesar 0,03% volume, maka CO<sub>2</sub> tersebut akan habis diserap tanaman dalam waktu beberapa dekade saja. Berkat adanya daur (siklus) yang menghasilkan CO<sub>2</sub>, maka kadar gas tersebut relatif stabil (Rosmarkam and Yuwono, 2002).

### **2.3.3 Mineralisasi Pospor**

Posfor bersama-sama dengan nitrogen dan kalium, digolongkan sebagai unsur-unsur utama walaupun diabsorpsi dalam jumlah yang lebih kecil dari kedua unsur tersebut. Tanaman biasanya mengabsorpsi P dalam bentuk H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> dan

sebagian kecil dalam bentuk sekunder  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Absorpsi kedua ion itu oleh tanaman dipengaruhi oleh pH tanah sekitar akar. Pada pH tanah yang rendah, absorpsi bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  akan meningkat (Leiwakabessy F.M. et al., 2002).

Hasil akhir mineralisasi bahan organik menghasilkan C ( $\text{CO}_2$ ), N dan P dengan perbandingan C : N : P dari berbagai tanaman berbeda-beda, yakni berkisar 229 : 100 : 0,4 sampai 70 : 10 : 1. Jika dibuat rata-rata dan untuk memudahkan mengingat perbandingan C : N : P adalah 100 : 10 : 1.

P tersedia dalam tanah anion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$ . perbandingan kedua anion ini sangat dipengaruhi oleh pH tanah.

Pada pH 5,0 hampir tidak ditemukan  $\text{HPO}_4^{2-}$  dan pada pH 9,0 tidak terdapat  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Sementara itu pada pH antara 6,5 sampai 7,0 perbandingan keduanya relative hamper sama (Rosmarkam and Yuwono, 2002).

#### **2.3.4 Mineralisasi Kalium**

Kalium mempunyai peranan yang penting dalam proses-proses fisiologis seperti : (1) metabolisme karbohidrat, pembentukan, pemecahan dan translokasi pati, (2) metabolisme nitrogen dan sintesa protein, (3) mengawasi dan mengatur aktivitas beragam unsur mineral, (4) netralisasi asam-asam organik yang penting bagi proses fisiologis, (5) Mengaktifkan berbagai enzim, (6) mempercepat pertumbuhan jaringan meristematik, dan (7) mengatur pergerakan stomata dan hal-hal yang berhubungan dengan air (Hardjowigeno, 2007).

Menurut (Rosmarkam and Yuwono, 2002), sumber kalium yang terdapat dalam tanah berasal dari pelapukan mineral yang mengandung K. Mineral tersebut bila lapuk melepaskan K kelarutan tanah atau terjerapan tanah dalam bentuk

tertukar. Letak kalium dalam lempung umumnya dalam permukaan dakhil (internal surface) yang sering diduduki oleh ion-ion  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{4+}$  juga molekul  $H_2O$ . perubahan mineral karena pelepasan K dari mika menjadi montmorilonit.

## **2.4 Proses Penyerapan Bahan Organik Pada Tanaman**

### Proses Penyerapan Hara secara Aktif

Proses penyerapan unsur hara dengan energi aktif dapat berlangsung apabila tersedia energi metabolik. Energi metabolik tersebut dihasilkan dari proses pernapasan akar tanaman. Selama proses pernapasan akar tanaman berlangsung akan dihasilkan energi metabolik dan energi ini mendorong berlangsungnya penyerapan unsur hara secara proses aktif. Apabila proses pernapasan akar tanaman berkurang akan menurunkan pula proses penyerapan unsur hara melalui proses aktif. Bagian akar tanaman yang paling aktif adalah bagian dekat ujung akar yang baru terbentuk dan rambut-rambut akar. Bagian akar ini merupakan bagian yang melakukan kegiatan respirasi (pernapasan) terbesar (Hanafiah, 2005).

### Proses Penyerapan Hara Selektif

Lanjut (Hanafiah, 2005), menyatakan bagian terluar dari sel akar tanaman terdiri dari: (1) dinding sel, (2) membran sel, (3) protoplasma. Dinding sel merupakan bagian sel yang tidak aktif. Bagian ini bersinggungan langsung dengan tanah. Sedangkan bagian dalam terdiri dari protoplasma yang bersifat aktif. Bagian ini dikelilingi oleh membran. Membran ini berkemampuan untuk melakukan seleksi unsur hara yang akan melaluinya. Proses penyerapan unsur

hara yang melalui mekanisme seleksi yang terjadi pada membran disebut sebagai proses selektif.

Proses selektif terhadap penyerapan unsur hara yang terjadi pada membran diperkirakan berlangsung melalui suatu carrier (pembawa). Carrier (pembawa) ini bersenyawa dengan ion (unsur) terpilih. Selanjutnya, ion (unsur) terpilih tersebut dibawa masuk ke dalam protoplasma dengan menembus membran sel.

Mekanisme penyerapan ini berlangsung sebagai berikut:

- (1) Saat akar tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk kation ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , dan  $NH_4^+$ ) maka dari akar akan dikeluarkan kation  $H^+$  dalam jumlah yang setara,
- (2) Saat akar tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk anion ( $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $SO_4^-$ ) maka dari akar akan dikeluarkan  $HCO_3^-$  dengan jumlah yang setara.

Penggunaan bahan organik segar (belum mengalami proses dekomposisi) (nilai  $C/N > 25$ ) secara langsung yang dicampur/dibenam didalam tanah akan mengalami proses penguraian secara aerob (pemberian bahan organik dilahan kering) atau anaerob (pemberian bahan organik dilahan sawah) lebih dahulu. Hal ini menyebabkan ketersediaan hara N, P, dan K tanah menurun, karena diserap dan digunakan oleh mikroba decomposer untuk aktivitas peruraian bahan organik. Akibatnya terjadi persaingan antara tanaman dengan mikroba decomposer dalam pengambilan unsur N, P, dan K. Selain terjadi persaingan dalam pengambilan hara, proses peruraian aerob juga menghasilkan enersi atau suhu sehingga suhu tanah meningkat. Kedua hal tersebut dapat menyebabkan tanaman kekurangan hara (pertumbuhan tanaman terhambat) atau bahkan tanaman mati, oleh karena itu

penggunaan bahan organik yang mempunyai kadar C tinggi tetapi kadar N, P, dan K rendah, sebaiknya sebelum digunakan diproses lebih dahulu sampai bahan organik tersebut menjadi kompos. Pada bahan organik yang telah terdekomposisi (menjadi kompos) telah terjadi proses mineralisasi unsur hara dan terbentuk humus yang sangat bermanfaat bagi kesuburan dan kesehatan tanah (Setyorini and Prihatini, 2003).

Dilingkungan alam terbuka, kompos bisa terjadi dengan sendirinya. Proses pembusukan terjadi secara alami namun tidak dalam waktu yang singkat, melainkan secara bertahap. Lewat proses alami, rumput, daun-daunan, dan kotoran hewan serta sampah lainnya lama-kelamaan membusuk karena kerjasama antara mikroorganisme dengan cuaca. Lamanya proses pembusukan tersebut lebih kurang sekitar 5 minggu hingga 2 bulan. Namun jika kita ingin waktu yang lebih singkat, 2 minggu, proses tersebut dapat dipercepat dengan menggunakan bioaktivator perombak bahan organik, seperti *Trichoderma* sp. (Setyorini and Prihatini, 2003).

## **2.5 Kebutuhan N, P, K Pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi**

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman memerlukan nutrisi dalam jumlah yang relatif besar, terutama Nitrogen, Fosfor, dan Kalium. Unsur hara makro tersebut diperlukan dalam jumlah yang cukup dan berimbang untuk memperoleh produksi yang maksimal. Kebutuhan hara tanaman yang terpenuhi akan menyebabkan laju pembelahan, pemanjangan sel serta pembentukan jaringan berjalan cepat sehingga komponen pertumbuhan dan produksi benih akan meningkat (Ridwansyah, Basoeki, and Timotiwu., 2013).

(Ridwansyah *et al.*, 2013) menyatakan bahwa untuk menghasilkan produksi yang tinggi, padi membutuhkan tersedianya nitrogen, fosfat, dan kalium dalam jumlah yang cukup. Tanggapan tanaman padi sawah terhadap dosis pupuk N, P, K yang terus meningkat mempengaruhi meningkatnya jumlah anakan produktif, panjang malai, jumlah gabah permalai, bobot 1000 butir, dan berat gabah panen.

(Kurniadie, 2002) menyatakan bahwa dengan pemberian perlakuan 700 kg/ha pupuk majemuk NPK Phonska menyebabkan tanaman padi sawah varietas IR 64 mempunyai rata-rata tinggi tanaman yang paling tinggi pada umur 4 sampai 12 minggu setelah tanam dan berbeda dengan pemberian pemupukan dengan menggunakan pupuk tunggal (200 kg/ha urea + 100 kg/ha SP-36 + 100 kg/ha KCl). Hal ini disebabkan karena pemberian pupuk dalam jumlah yang banyak akan dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, terutama pupuk nitrogen yang dapat mempercepat pertumbuhan vegetatif tanaman. Rata-rata tinggi tanaman yang paling rendah pada tanaman padi sawah pada umur 4-12 minggu setelah tanam terdapat pada tanaman padi yang menggunakan pupuk tunggal yang merupakan dosis pemupukan yang biasa dilakukan oleh petani. Dan kebutuhan pupuk pada tanaman padi bisa dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kebutuhan NPK pada tanaman padi

No	Refrensi	Dosis kg/ha			
		N	P	K	
1	PT. Petro Kimia Gresik	300	125	75	
2	Utomo dan Nazaruddin (2003)	200	150	150	
3	RDP (rekomendasi dosis petani)	Urea	SP36	Phonska	Za
		150	300	250	200

### **2.5.1 Peran N Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman**

Unsur N adalah merupakan unsur yang cepat kelihatan pengaruhnya terhadap tanaman. Peran utama unsur ini adalah : (1) Merangsang pertumbuhan vegetatif (batang dan daun), (2) Meningkatkan jumlah anakandan (3) Meningkatkan jumlah bulir/ rumpun.

Kurang unsur N menyebabkan: (1) Pertumbuhannya kerdil, (2) Daun tampak kekuning-kuningan, dan (3) Sistem perakaran terbatas.

Kelebihan unsur N menyebabkan tanaman: (1) Pertumbuhan vegetatif memanjang (lambat panen), (2) Mudah rebah, (3) Menurunkan kualitas bulir, dan (4) Respon terhadap serangan hama/ penyakit (Rauf, Syamsuddin, and Sri., 2000).

### **2.5.2 Peran P Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman**

Secara detail fungsi posfor dalam pertumbuhan tanaman sukar di utarakan, namun demikian fungsi-fungsi utama posfor dalam pertumbuhan tanaman adalah sebagai berikut : (1) Memacu terbentuknya bunga, bulir pada malai, (2) Menurunkan aborsitas, (3) Perkembangan akar halus dan akar rambut, (4) Memperkuat jerami sehingga tidak mudah rebah, dan (5) Memperbaiki kualitas gabah dan kekurangan posfor menyebabkan tanaman: (1) Pertumbuhan kerdil, (2) Jumlah anakan sedikit, dan (3) Daun meruncing berwarna hijau gelap (Rauf *et al.*, 2000).

### **2.5.3 Peran K Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman**

Kalium merupakan satu-satunya kation monovalen yang esensial bagi tanaman. Peranan utama kalium dalam tanaman ialah sebagai aktivator berbagai

enzim. Dengan adanya kalium yang tersedia dalam tanah menyebabkan: (1) Ketegaran tanaman terjamin, (2) Merangsang pertumbuhan akar, (3) Tanaman lebih tahan terhadap hama dan penyakit, (4) Memperbaiki kualitas bulir, (5) Dapat mengurangi pengaruh kematangan yang dipercepat oleh posfor, dan (6) Mampu mengatasi kekurangan air pada tingkat tertentu (Rauf *et al.*, 2000).

Kekurangan Kalium menyebabkan: (1) Pertumbuhan kerdil, (2) Daun kelihatan kering dan terbakar pada sisi-sisinya, (3) Menghambat pembentukan hidrat arang pada biji, (4) Permukaan daun memperlihatkan gejala klorotik yang tidak merata, dan (5) Munculnya bercak coklat mirip gejala penyakit pada bagian yang berwarna hijau gelap. Kelebihan kalium dapat menyebabkan daun cepat menua sebagai akibat kadar magnesium daun dapat menurun, kadang-kadang menjadi tingkat terendah sehingga aktifitas fotosintesa terganggu (Rauf *et al.*, 2000).

## 2.6 Fenologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Padi



Gambar 2.3 Fase Pertumbuhan Tanaman Padi

(Gigih Bertani, 2011) menjelaskan fase-fase pertumbuhan tanaman padi berdasarkan informasi atau data dan karakteristik varietas IR64, namun secara

umum berlaku juga untuk varietas lainnya. Secara garis besar, fase pertumbuhan tanaman padi dibagi menjadi 2 (dua) bagian yakni fase vegetatif dan fase generatif, namun ada yang membagi lagi fase generatifnya menjadi fase reproduktif dan pematangan.

Fase vegetative

Fase Vegetatif adalah awal pertumbuhan tanaman mulai dari perkecambahan benih sampai primordial bunga (pembentukan malai).

*Tahap perkecambahan benih (germination).*

Pada fase ini benih akan menyerap air dari lingkungan (karena perbedaan kadar air antara benih dan lingkungan), masa dormansi akan pecah ditandai dengan kemunculan radícula dan plumule. Faktor yang mempengaruhi perkecambahan benih adalah kelembaban, cahaya dan suhu. Petani biasanya melakukan perendaman benih selama 24 jam kemudian diperam 24 jam lagi. Tahap perkecambahan benih berakhir sampai daun pertama muncul dan ini berlangsung 3-5 hari (Gigih Bertani, 2011).

*Tahap Pertunasan (seeding stage).*

Tahap pertunasan mulai begitu benih berkecambah hingga menjelang anakan pertama muncul. Umumnya petani melewati tahap pertumbuhan ini di persemaian. Pada awal di persemaian, mulai muncul akar seminal hingga kemunculan akar sekunder (adventitious) membentuk sistem perakaran serabut permanen dengan cepat menggantikan radikula dan akar seminal sementara. Di sisi lain tunas terus tumbuh, dua daun lagi terbentuk. Daun terus berkembang pada kecepatan 1 daun setiap 3-4 hari selama tahap awal pertumbuhan sampai

terbentuknya 5 daun sempurna yang menandai akhir fase ini. Dengan demikian pada umur 15 – 20 hari setelah sebar, bibit telah mempunyai 5 daun dan sistem perakaran yang berkembang dengan cepat. Pada kondisi ini, bibit siap dipindahtanamkan (Gigih Bertani, 2011).

*Tahap Pembentukan anakan (tillering stage).*

Setelah kemunculan daun ke-lima, tanaman mulai membentuk anakan bersamaan dengan berkembangnya tunas baru. Anakan muncul dari tunas aksial (axillary) pada buku batang dan menggantikan tempat daun serta tumbuh dan berkembang. Bibit ini menunjukkan posisi dari dua anakan pertama yang mengagap batang utama dan daunnya. Setelah tumbuh (emerging), anakan pertama memunculkan anakan sekunder, demikian seterusnya hingga anakan maksimal.

Pada fase ini, ada dua tahapan penting yaitu pembentukan anakan aktif kemudian disusul dengan perpanjangan batang (stem elongation). Kedua tahapan ini bisa tumpang tindih, tanaman yang sudah tidak membentuk anakan akan mengalami perpanjangan batang, buku kelima dari batang di bawah kedudukan malai, memanjang hanya 2-4 cm sebelum pembentukan malai. Sementara tanaman muda (tepi) terkadang masih membentuk anakan baru, sehingga terlihat perkembangan kanopi sangat cepat. Secara umum, fase pembentukan anakan berlangsung selama kurang lebih 30 hari (Gigih Bertani, 2011),

Pada tanaman yang menggunakan sistem tabela (tanam benih langsung) periode fase ini mungkin tidak sampai 30 hari karena bibit tidak mengalami stagnasi seperti halnya tanaman sistem tapin yang beradaptasi dulu dengan lingkungan barunya sesaat setelah pindah tanam.

Penggunaan pupuk nitrogen (urea) berlebihan atau waktu aplikasi pemupukan susulan yang terlambat memicu pembentukan anakan lebih lama (lewat 30 hst), namun biasanya anakan yang terbentuk tidak produktif (Gigih Bertani, 2011).

## **FASE GENERATIF**



Gambar 2.4 Tanaman Padi Fase Generatif

### **Fase Reproduksi**

*Tahap Inisiasi Bunga / Primordia (Panicle Initiation).*

Perkembangan tanaman pada tahapan ini diawali dengan inisiasi bunga (panicle initiation). Bakal malai terlihat berupa kerucut berbulu putih (white feathery cone) panjang 1,0-1,5 mm. Pertama kali muncul pada ruas buku utama (main culm) kemudian pada anakan dengan pola tidak teratur. Ini akan berkembang hingga bentuk malai terlihat jelas sehingga bulir (spikelets) terlihat dan dapat dibedakan. Malai muda meningkat dalam ukuran dan berkembang ke atas di dalam pelepah daun bendera menyebabkan pelepah daun menggelembung (bulge). Pengelembungan daun bendera ini disebut bunting sebagai tahap kedua dari fase ini (booting stage)(Gigih Bertani, 2011).

*Tahap Bunting (booting stage).*

Bunting terlihat pertama kali pada ruas batang utama. Pada tahap bunting, ujung daun layu (menjadi tua dan mati) dan anakan non-produktif terlihat pada bagian dasar tanaman.

*Tahap Keluar Malai (heading stage).*

Tahap selanjutnya dari fase ini adalah tahap keluar malai. Heading ditandai dengan kemunculan ujung malai dari pelepah daun bendera. Malai terus berkembang sampai keluar seutuhnya dari pelepah daun. Akhir fase ini adalah tahap pembungaan yang dimulai ketika serbuk sari menonjol keluar dari bulir dan terjadi proses pembuahan (Gigih Bertani, 2011).

*Tahap Pembungaan (flowering stage).*

Pada pembungaan, kelopak bunga terbuka, antera menyembul keluar dari kelopak bunga (flower glumes) karena pemanjangan stamen dan serbuk sari tumpah (shed). Kelopak bunga kemudian menutup. Serbuk sari atau tepung sari (pollen) jatuh ke putik, sehingga terjadi pembuahan. Struktur pistil berbulu dimana tube tepung sari dari serbuk sari yang muncul akan mengembang ke ovary.

Proses pembungaan berlanjut sampai hampir semua spikelet pada malai mekar. Pembungaan terjadi sehari setelah heading. Pada umumnya, floret (kelopak bunga) membuka pada pagi hari. Semua spikelet pada malai membuka dalam 7 hari. Pada pembungaan, 3-5 daun masih aktif. Anakan pada tanaman padi ini telah dipisahkan pada saat dimulainya pembungaan dan dikelompokkan ke dalam anakan produktif dan nonproduktif.

Fase reproduktif yang diawali dari inisiasi bunga sampai pembungaan (setelah putik dibuahi oleh serbuk sari) berlangsung sekitar 35 hari. Pemberian zat pengatur tumbuh atau penambahan hormon tanaman (pythohormon) berupa gibberlin (GA3) dan pemeliharaan tanaman dari serangan penyakit sangat diperlukan pada fase ini. Perbedaan lama periode fase reproduktif antara padi varietas genjah maupun yang berumur panjang tidak berbeda nyata. Ketersediaan air pada fase ini sangat diperlukan, terutama pada tahap terakhir diharapkan bisa tergenang 5 – 7 cm (Gigih Bertani, 2011).

### **Fase Pemasakan / Pematangan**

#### *Tahap matang susu ( Milk Grain Stage )*

Lanjut Gigih bertani (2011), tiga tahap akhir pertumbuhan tanaman padi merupakan fase pemasakan. Pada tahap ini, gabah mulai terisi dengan bahan serupa susu. Gabah mulai terisi dengan larutan putih susu, dapat dikeluarkan dengan menekan/menjepit gabah di antara dua jari. Malai hijau dan mulai merunduk. Pelayuan (senescence) pada dasar anakan berlanjut. Daun bendera dan dua daun di bawahnya tetap hijau. Tahap ini paling disukai oleh walang sangit. Pada saat pengisian, ketersediaan air juga sangat diperlukan. Seperti halnya pada fase sebelumnya, pada fase ini diharapkan kondisi pertanaman tergenang 5 – 7 cm.

#### *Tahap gabah ½ matang (dough grain stage)*

Pada tahap ini, isi gabah yang menyerupai susu berubah menjadi gumpalan lunak dan akhirnya mengeras. Gabah pada malai mulai menguning. Pelayuan (senescence) dari anakan dan daun di bagian dasar tanaman nampak

semakin jelas. Pertanaman terlihat menguning. Seiring menguningnya malai, ujung dua daun terakhir pada setiap anakan mulai mengering.

*Tahap gabah matang penuh (Mature Grain Stage).*

Setiap gabah matang, berkembang penuh, keras dan berwarna kuning. Tanaman padi pada tahap matang 90 – 100 % dari gabah isi berubah menjadi kuning dan keras. Daun bagian atas mengering dengan cepat (daun dari sebagian varietas ada yang tetap hijau). Sejumlah daun yang mati terakumulasi pada bagian dasar tanaman. Berbeda dengan tahap awal pemasakan, pada tahap ini air tidak diperlukan lagi, tanah dibiarkan pada kondisi kering.

Periode pematangan, dari tahap masak susu hingga gabah matang penuh atau masak fisiologis berlangsung selama sekitar 35 hari.